

# НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

# Сеанс R-терапии

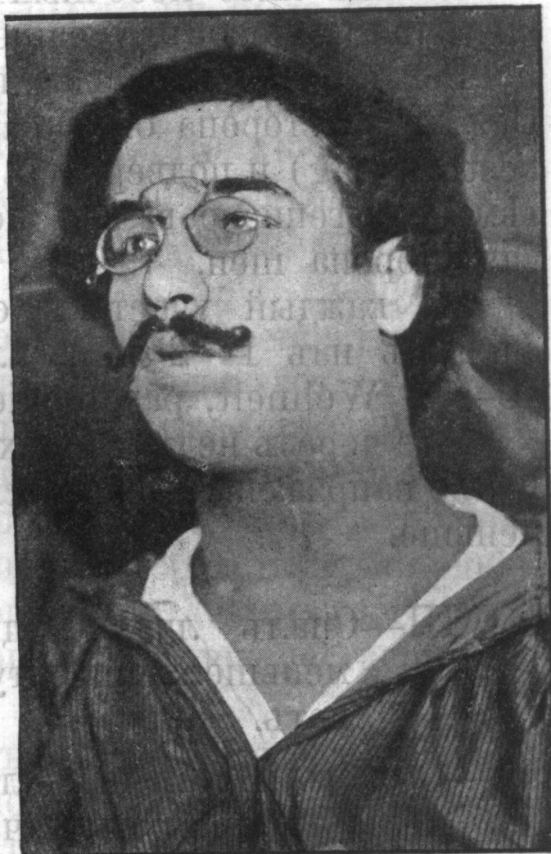
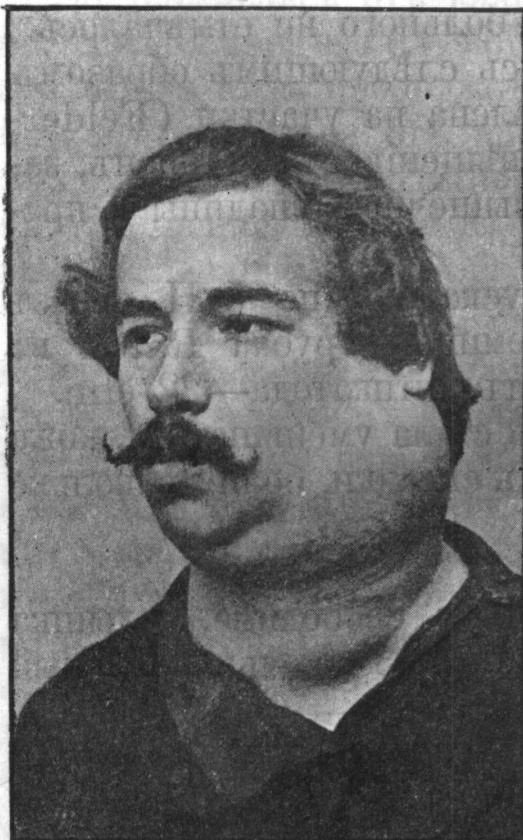


- Одна из первых R-установок начала века
- Врач рядом с больной с секундомером в руках

# Брахитерапия: первые сеансы



# Результаты сочетанного лучевого лечения



Доктор  
Кармин М.И.

Институт  
Морозовых  
1913 год

До лечения.

Во время лечения (после 2-х курсов рентг. и 4 впрыск. тория X).

1895 г. открытие рентгеновского излучения  
Вильгельмом Конрадом Рентгеном

открытие естественной

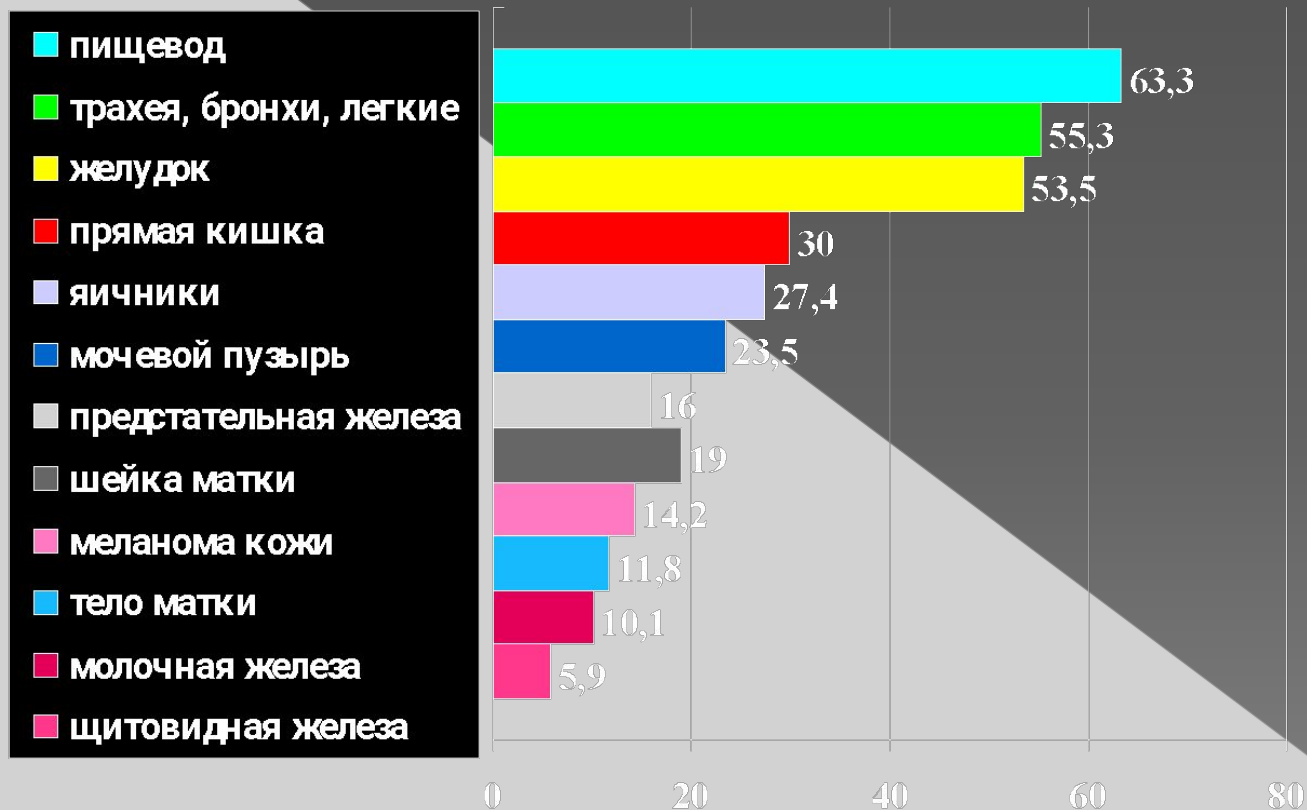
радиоактивности  
Анри Беккерелем

открытие радиоактивности

Марии Кюри

- По оценке ВОЗ, при использовании оптимальных методов лечения онкологических заболеваний возможно излечение 1/3 больных
- Около 60% больных подвергаются хирургическому лечению или хирургическому в сочетании с лучевой и/или химиотерапией
- Около 30% пациентов получают только лучевое лечение и 10% - химиотерапию

# Летальность больных со злокачественными новообразованиями в течение первого года с момента установления диагноза (Россия, 2007), %



## На сегодня:

- В России ежегодно от злокачественных новообразований умирает около 300 000 человек
- Впервые в жизни устанавливается диагноз злокачественного новообразования  $\approx 450\ 000$  больным, т.е. каждые 1,2 минуты выявляется новый случай злокачественной опухоли
- В конце 2007 года состояло на учете 2 535 114 пациентов с диагнозом злокачественного новообразования, т.е. 1,8% населения страны
- В Европе к настоящему времени живут около 10 млн. человек, перенесших онкологические заболевания, 50% из которых получили лучевое лечение



# Распространенность злокачественных новообразований РФ, 2007г.

Локализация опухоли	Абс. число	I-Ст. %	II-Ст. %	III-Ст. %	IV-Ст. %	Летальность на первом году
		45,4	23,8	22,8		30,2
Полость рта	10736	29,5	37,5	31,2		39,1
Пищевод	6667	24,3	39,3	29,0		63,3
Желудок	39269	24,1	28,3	42,3		53,5
Прямая кишка	22597	43,2	27,8	25,6		30,0
Трахея, бронхи	53079	25,9	33,3	35,2		55,3
Гортань	6189	34,8	47,5	16,0		28,1
Шейка матки	13038	58,3	30,0	9,8		19,0

# Использование лучевой терапии в РФ

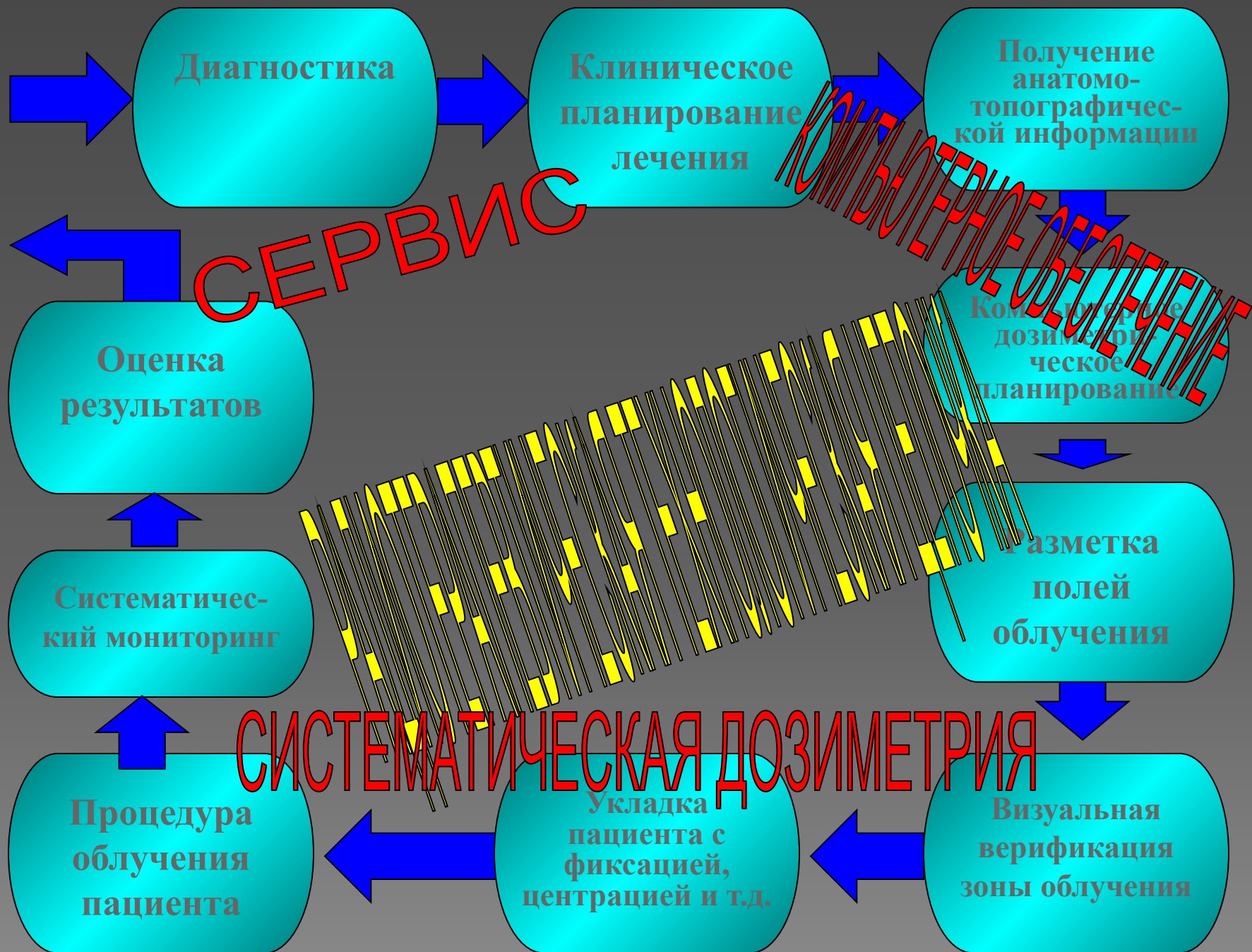
## 2007 год

Закончили специальное лечение	Всего	%	Только л/т	Всего с л/т
	784	52,0	13,7	16,5
Полость рта	4860	45,3	36,9	55,8
Пищевод	1916	28,7	27,3	32,9
Желудок	13307	33,9	0,1	0,2
Прямая кишка	11923	52,8	1,9	2,5
Трахея и бронхи	12971	24,4	8,5	16,5
Гортань	3651	59,0	35,7	45,4
Шейка матки	9365	71,8	42,6	51,2

# Роль лучевой терапии

- Лучевая терапия при определенных локализациях и стадиях заболевания является альтернативой оперативному вмешательству
- Не менее значим вклад радиотерапии в качестве этапа комбинированного лечения, особенно в случаях выполнения органосохраняющих операций как гаранта стойкости лечебного эффекта
- В последние годы имеется тенденция к более широкому применению лучевой терапии как этапа комбинированного лечения при различных формах рака, что в определенной мере связано с развитием органосохраняющего и функционально-щадящего лечения

- По мнению экспертов ВОЗ успех лучевой терапии зависит на 25% от адекватного компьютерного дозиметрического планирования процедур облучения и их воспроизведения и на 25% от наличия современной радиотерапевтической аппаратуры
- Лучевая терапия в онкологии представляет собой сложную в техническом и интеллектуальном плане технологическую цепочку, исключение одного из звеньев которой неизбежно приводит к ухудшению качества лечения
- С учетом современных требований обеспечения гарантии качества она состоит из нескольких последовательных этапов:



# Отделение радиационной онкологии сегодня должно быть оснащено полным комплексом аппаратуры



# Базовый набор оборудования для лучевой терапии

- Ускоритель терапевтический на 18-20 МэВ
- Ускоритель терапевтический на 5-6 МэВ
- Гамма-терапевтический аппарат
- Рентгенотерапевтический аппарат
- Аппарат для брахитерапии
- Рентгеновский симулятор
- Рентгеновский компьютерный томограф
- Системы дозиметрического планирования
- Аппаратный комплекс для клинической дозиметрии и радиационных измерений
- Анализатор дозового поля
- Оборудование для иммобилизации пациентов
- Аппаратура и приспособления для формирования дозного поля
- Система компьютерного сопровождения лучевой терапии
- Аппараты для гипертермии, лазерной терапии, гипоксии и т.д..

## Необходимое количество аппаратов в отделении радиационной онкологии

- 1 аппарат для наружного облучения на 250-300 тыс. населения (в Европе на 200тыс.)
- 1 аппарат для контактной лучевой терапии на 1 млн. населения
- на 3-4 аппарата дистанционной лучевой терапии по одному КТ и рентгеновскому симулятору
- на каждый аппарат контактной лучевой терапии один аппарат рентгенотелевидения
- на 3-4 аппарата лучевой терапии по одному дозиметрическому комплексу



# Состояние лучевой терапии в России

- В экономически развитых странах радиотерапия используется у 70% онкологических больных, в России этот показатель колеблется от 25 до 50%. Таким образом ежегодно с учетом заболеваемости более 100 000 онкологических больных не получают лечение в полном объёме
- Более того в ряде онкологических диспансеров очередь на лучевую терапию составляет 1,5-2 месяца. Это положение в основном связано с плохим и недостаточным техническим оснащением онкологических учреждений

# Успех лучевой терапии зависит:

- радиочувствительность опухоли 50%
- аппаратное оснащение 25%
- выбор плана лучевого лечения  
и точность его воспроизведения 25%

# ВИДЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

## Излучение

1. Рентгеновское излучение низких энергий (до 1000 КэВ)
2. Гамма-излучение радиоактивных изотопов иридия, цезия и кобальта
3. Высокоэнергетическое излучение (до 20-25 МэВ)

*1. Электронное*

*2. Протонное*

*3. Нейтронное*

*4. Мезонное*

*5. Ионное*

# СПОСОБЫ ОБЛУЧЕНИЯ

ДИСТАНЦИОННО  
Е

ВНУТРЕННЕЕ

КОНТАКТНОЕ

АППЛИКАЦИ  
ОННОЕ

ВНУТРИКАН  
ЕВОЕ

ВНУТРИПОЛО  
СТНОЕ

# РАК ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ОТДАЛЕННЫМИ МЕТАСТАЗАМИ

Показатели пятилетнего излечения после  
операции и лечения  $I^{131}$

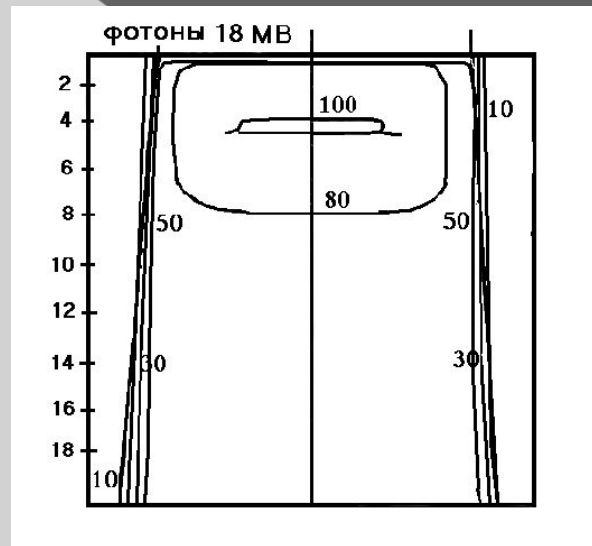
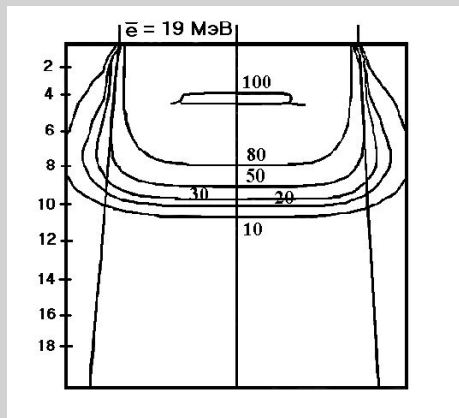
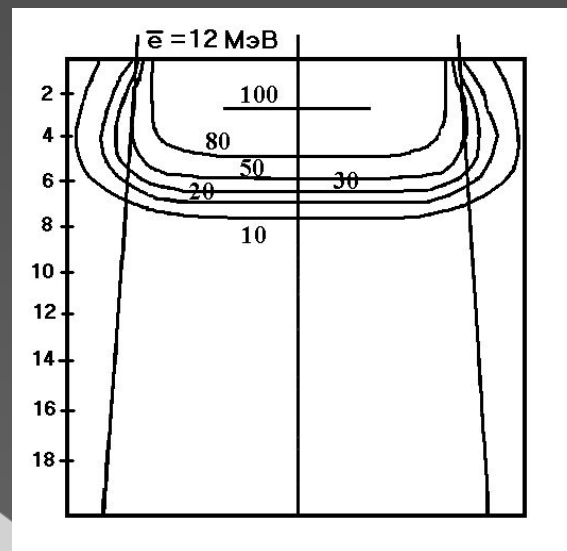
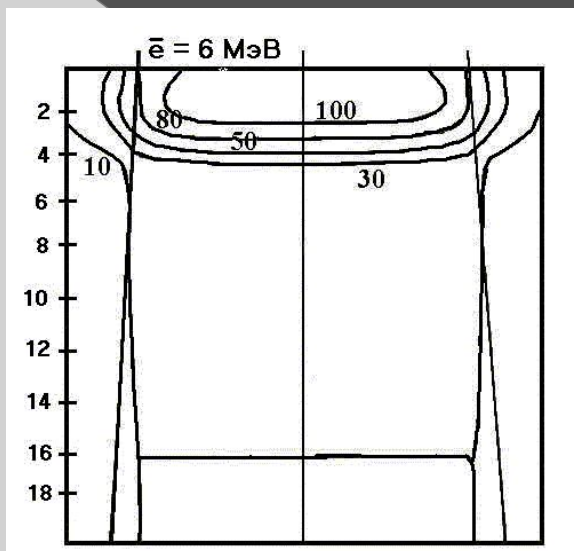
Контингент больных	Пятилетнее излечение в %
дети	97
взрослые	76

лечебная активность  $I^{131}$  — 2-4 ГБк  
курсы с интервалами 3 месяца

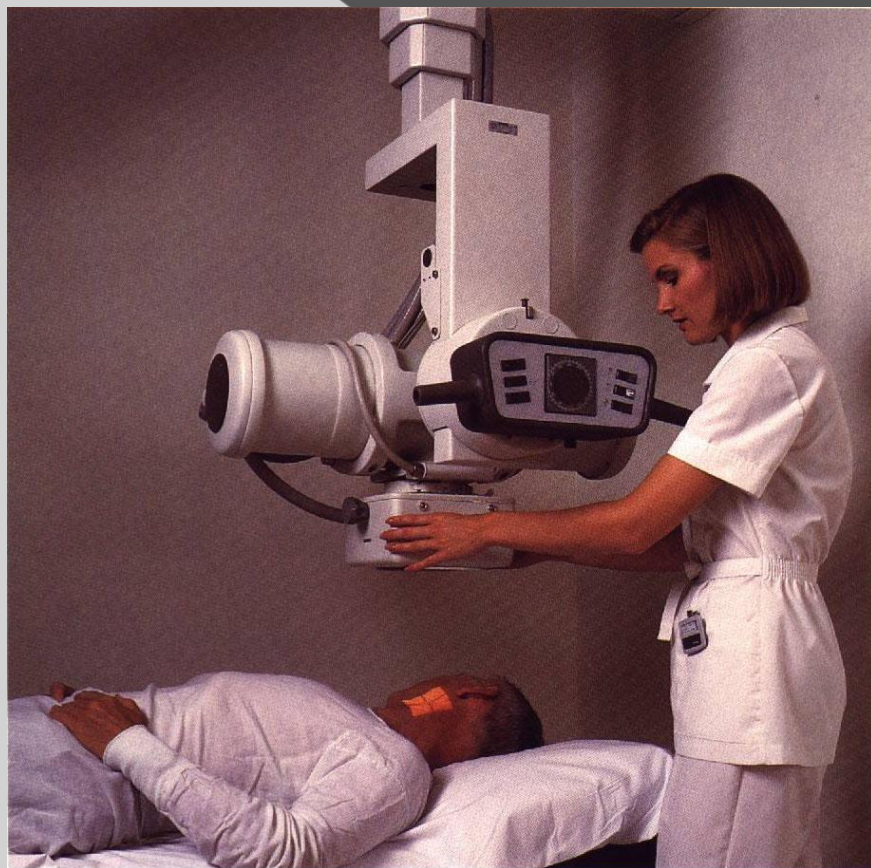
# Методы лучевой терапии и источники излучения

дистанционное облучение	контактное облучение		
	внутриполостное	внутриканальное	
излучение	излучение	закрытые источники	открытые источники
гамма $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$	гамма $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{192}\text{Ir}$	$^{60}\text{Co}$	$^{198}\text{Au}$
рентгеновское 100-250 КэВ		$^{137}\text{Cs}$	$^{32}\text{P}$
тормозное 6-45 МэВ	нейтроны $^{252}\text{Cf}$	$^{192}\text{Ir}$	$^{131}\text{I}$
электроны 4-20 МэВ		$^{252}\text{Cf}$	
протоны 70-1000 МэВ		$^{198}\text{Au}$	
нейтроны 6-15 МэВ			

# Дозное распределение при различных энергиях $\bar{e}$ и $\gamma$ излучения



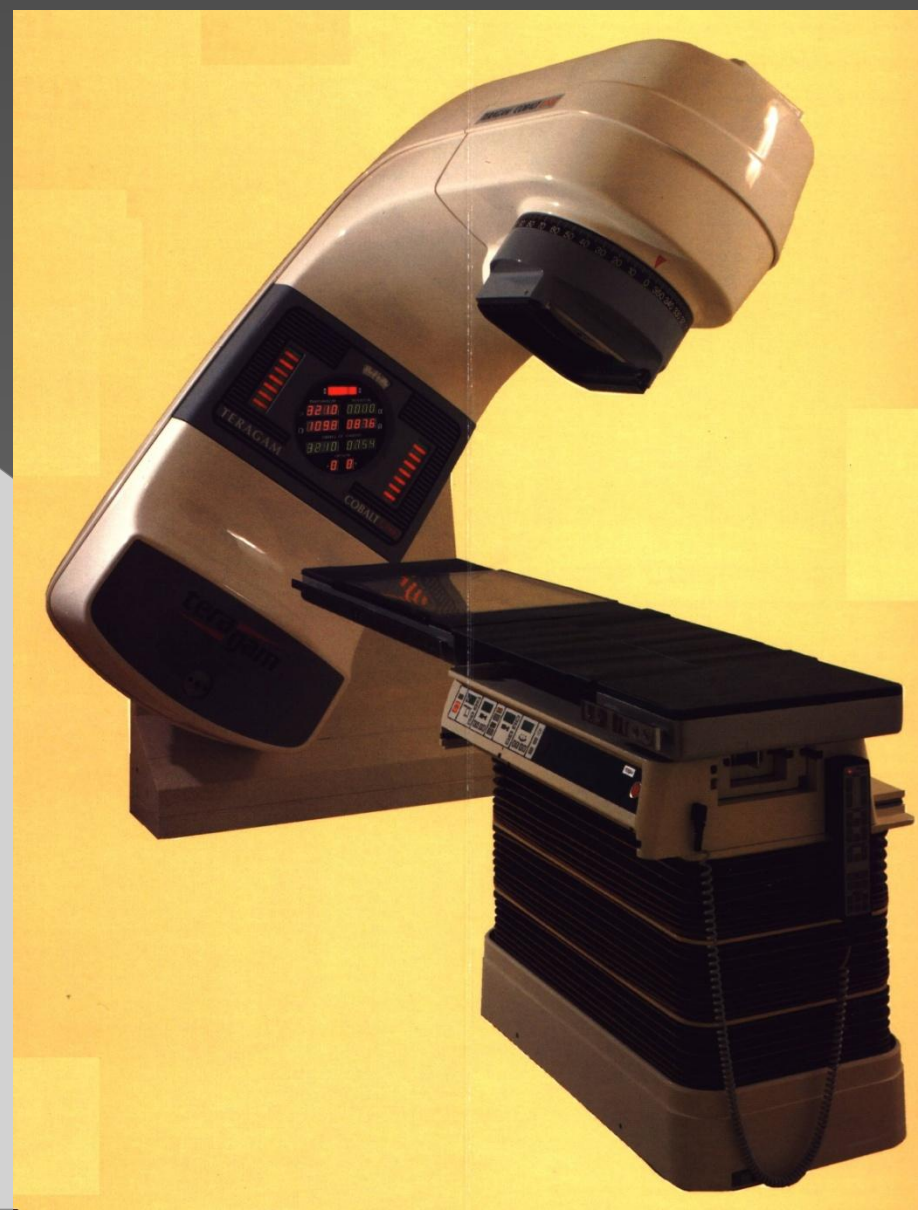
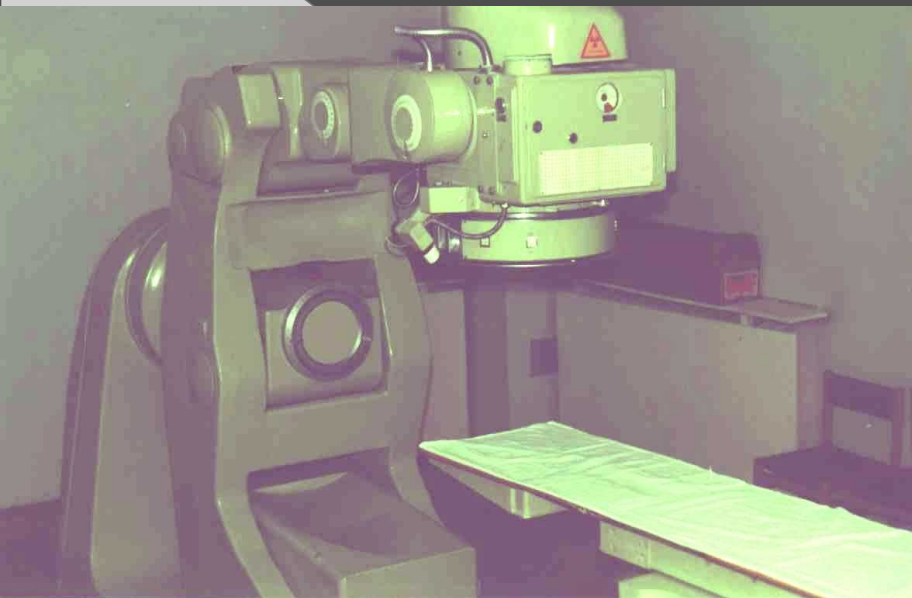
# Рентгенотерапия



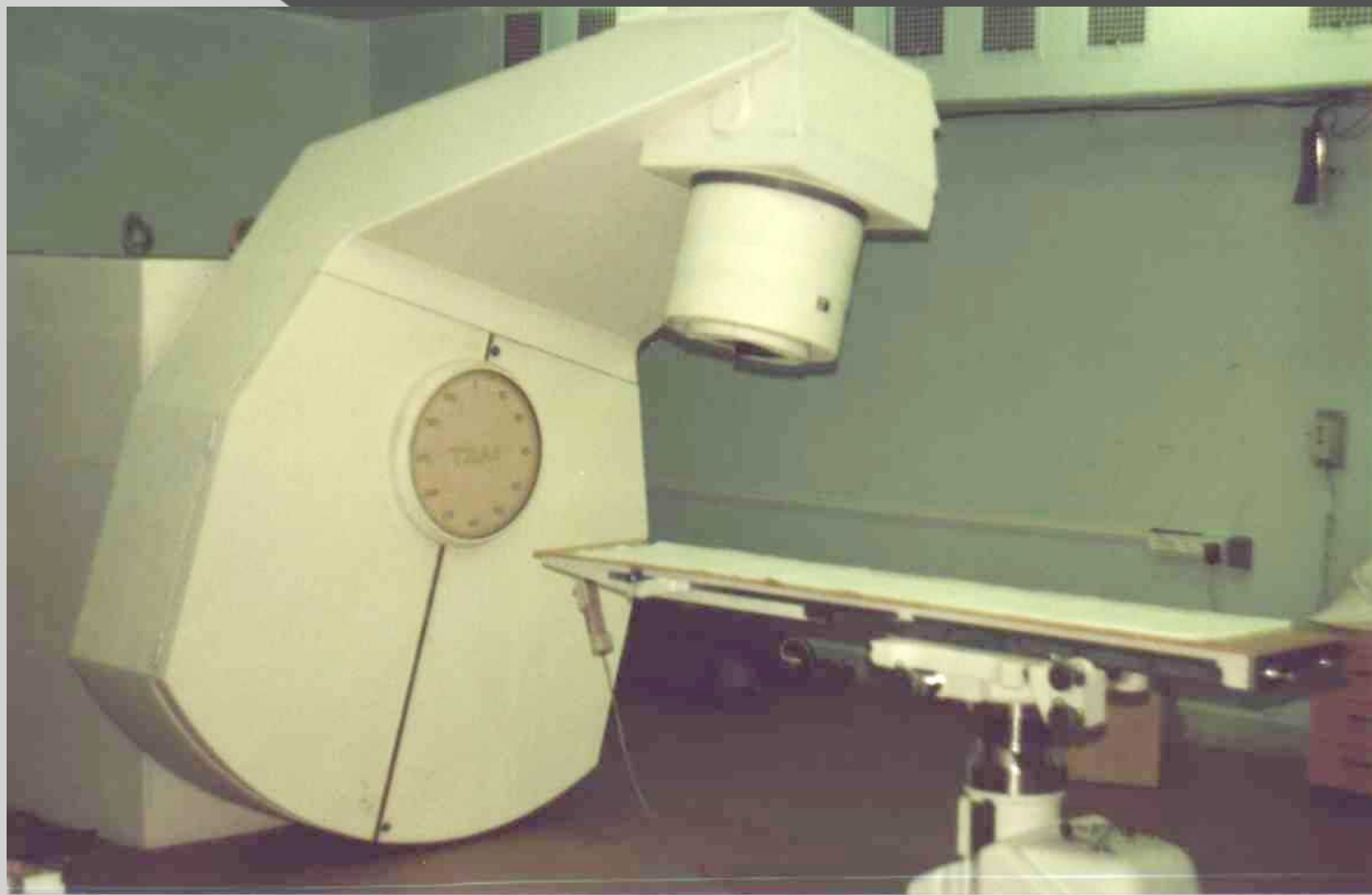
60-300КэВ



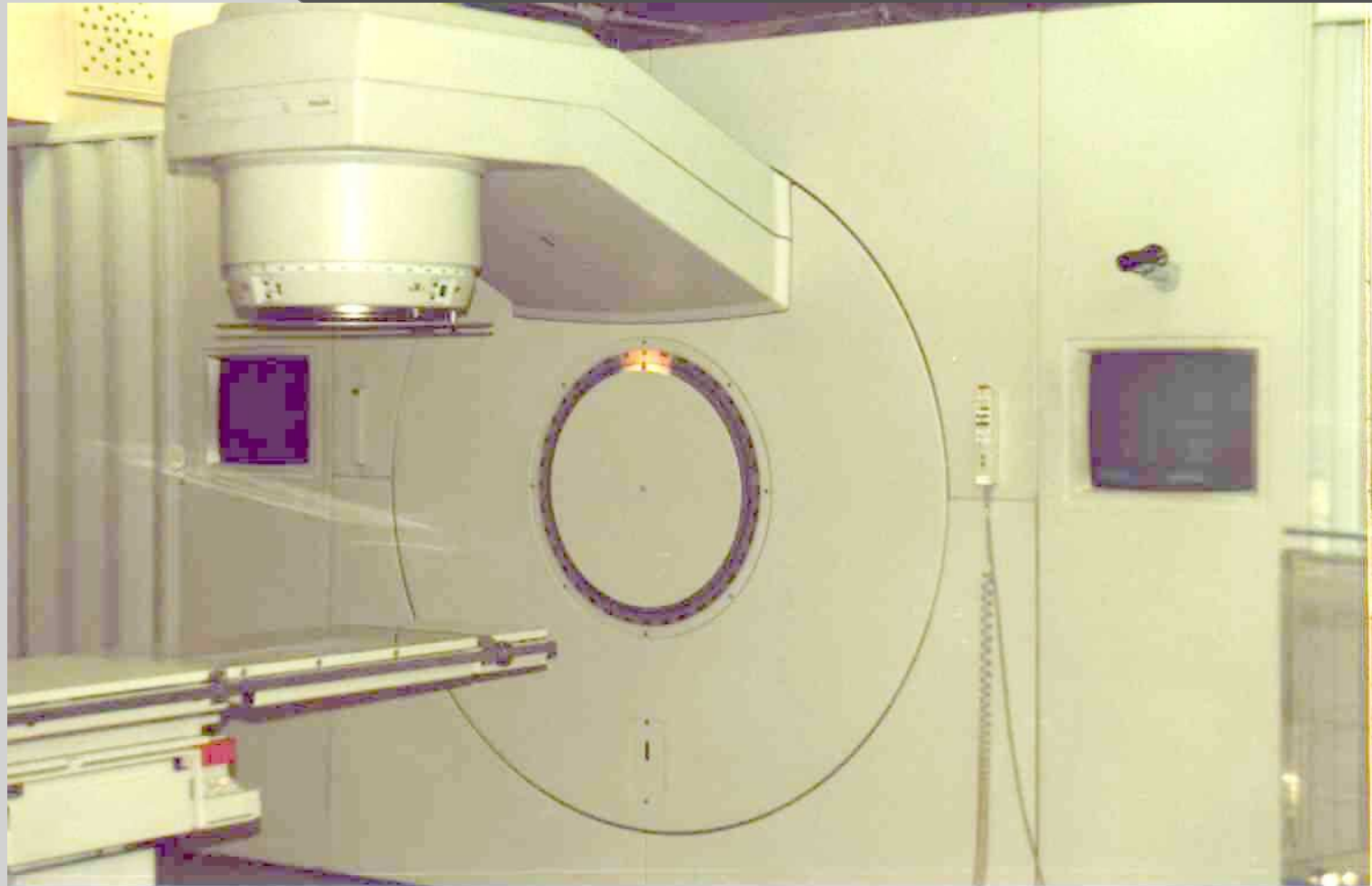
# РОКУС – АМ ТЕРАГАМ



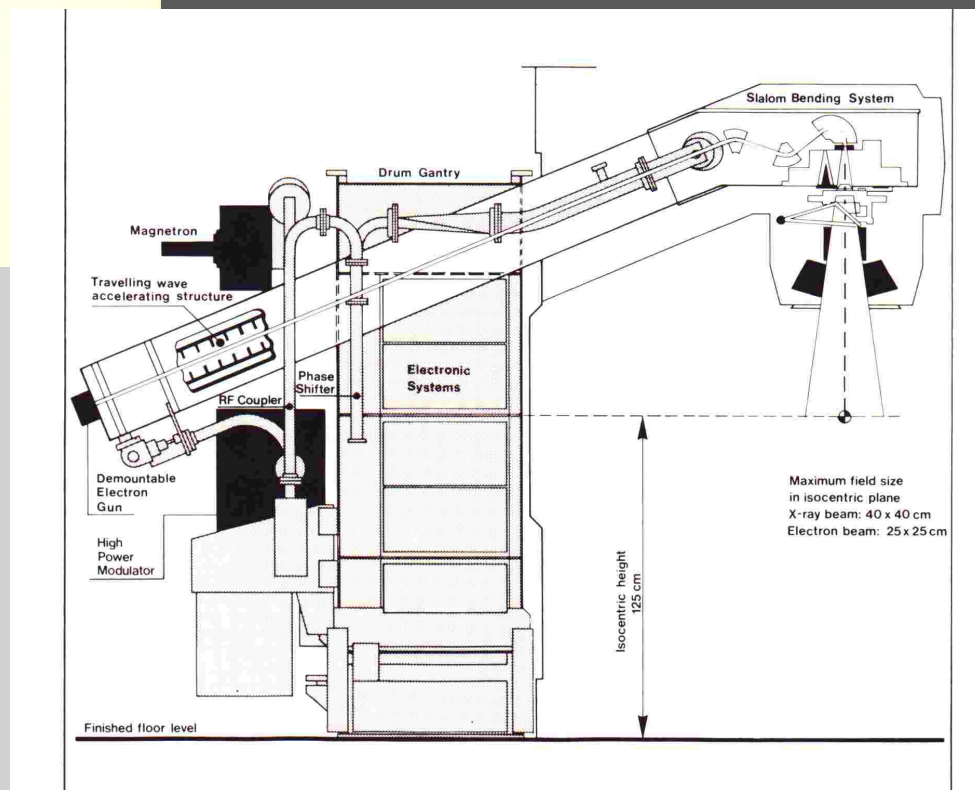
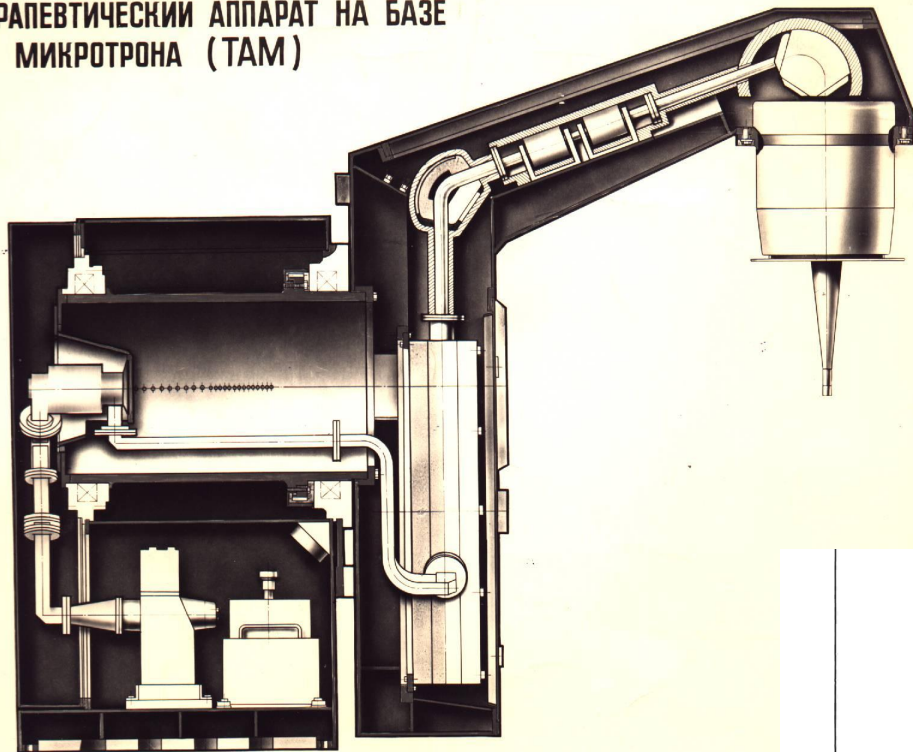
# МИКРОТРОН - М



# SL - 20 Philips (=Elekta)

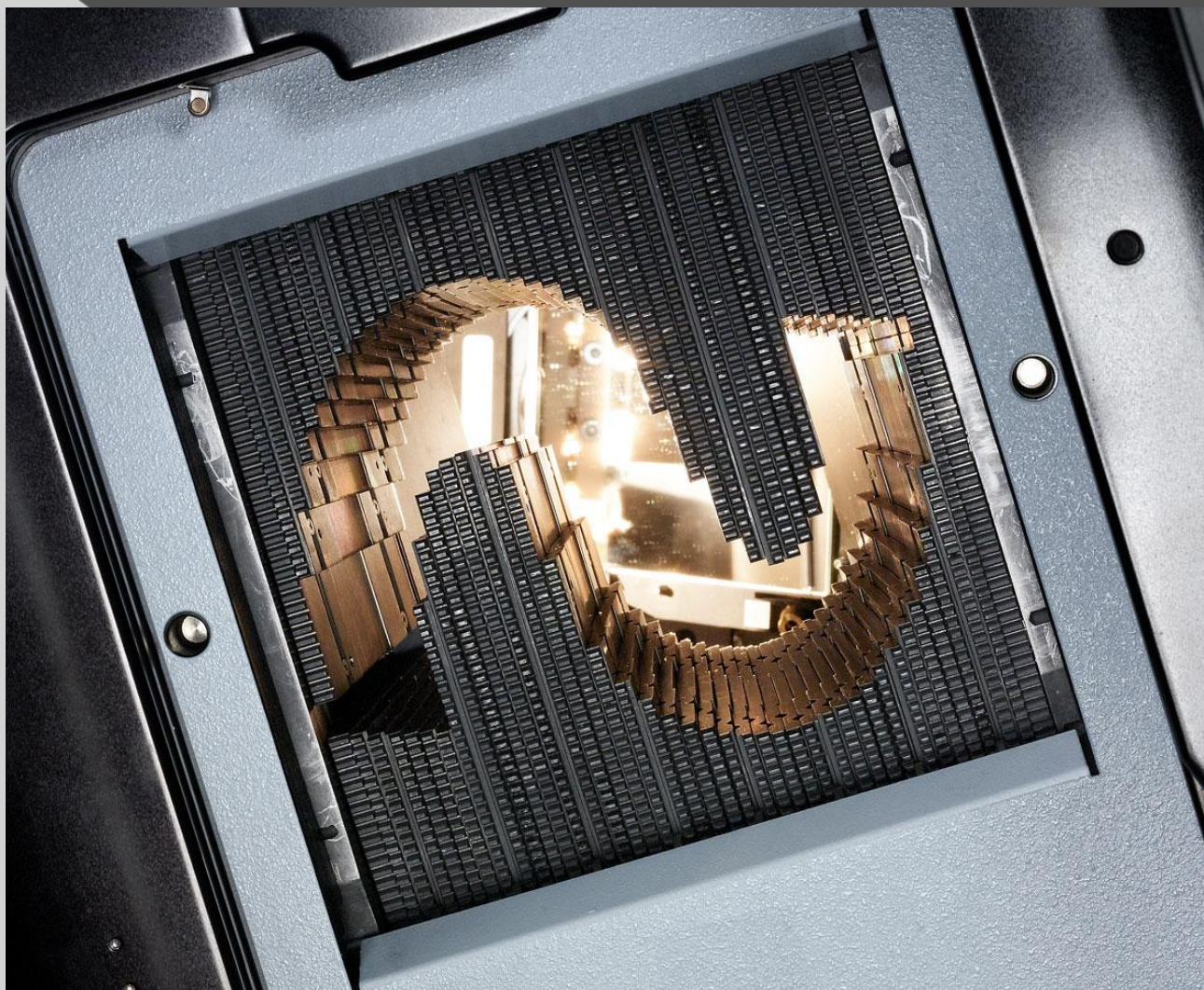


ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ АППАРАТ НА БАЗЕ  
МИКРОТРОНА (ТАМ)



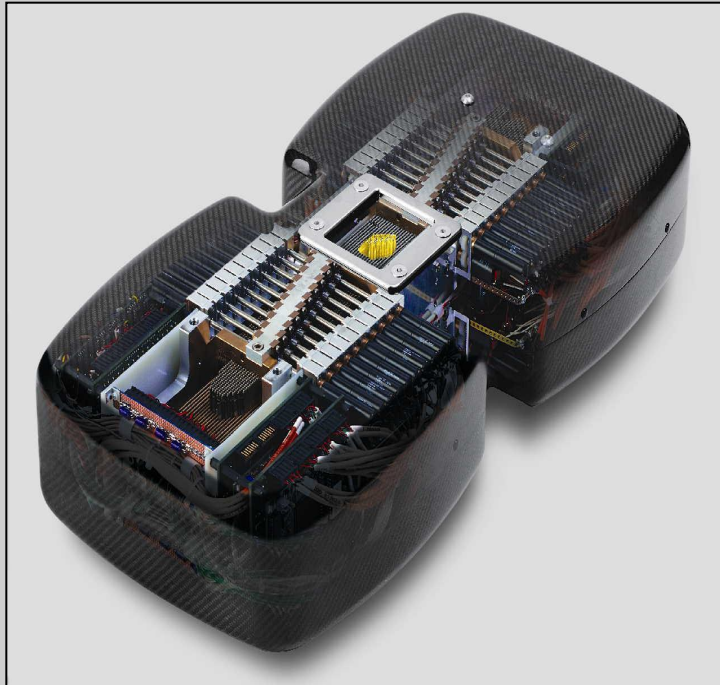


# Многолепестковые коллиматоры OPTIFOCUS (82 лепестка)

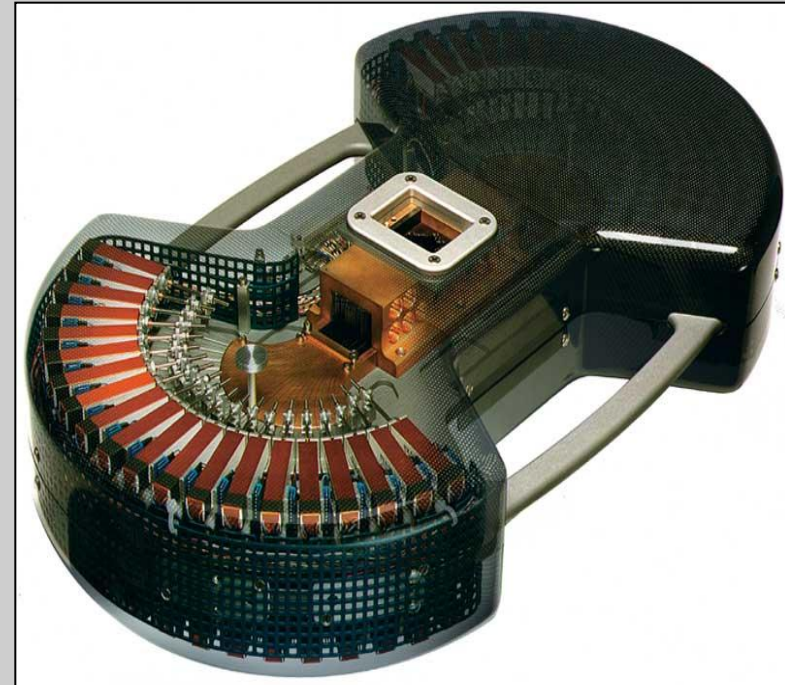


# Многолепестковые микроколлиматоры

## ModuLeaf



## Micro MLC



# Стереотаксическая радиохирургия

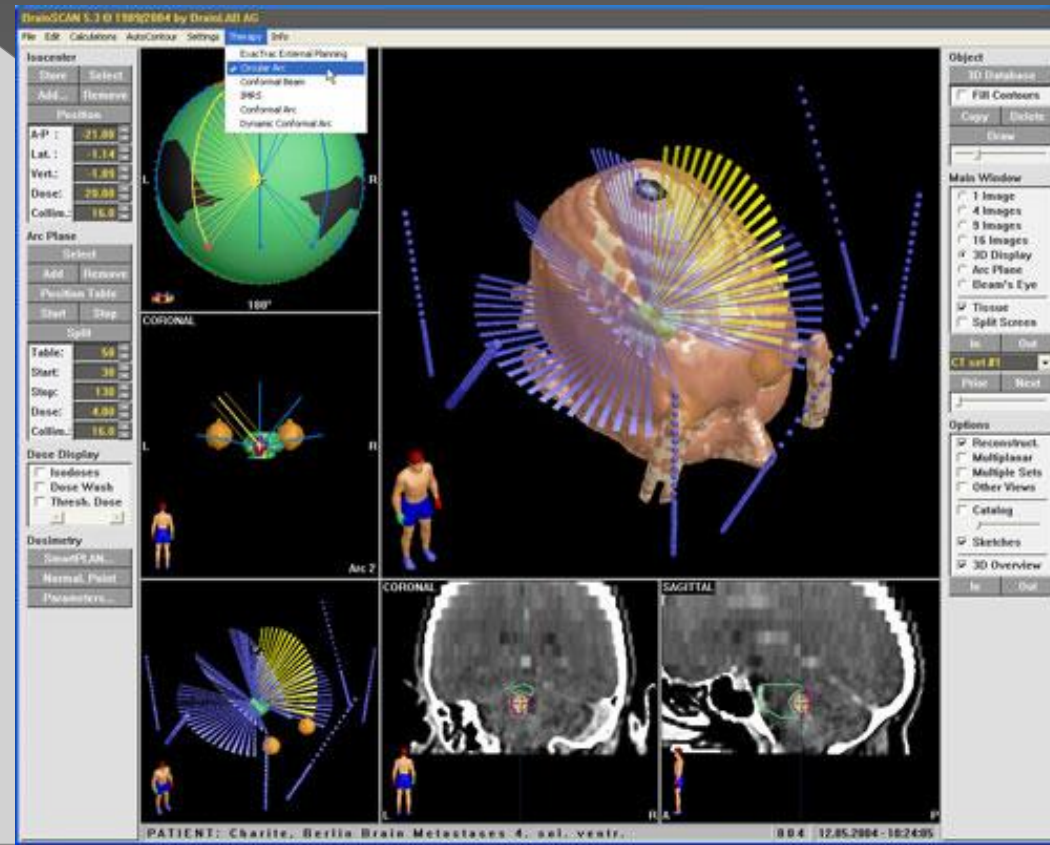


Gamma Knife





# Стереотаксическая радиохирургия



BrainSCAN 5.3 © 1989/2004 by BrainLAB AG

File Edit Calculations AutoContour Settings Review Info

Isocenter  
Erase Select  
Add Remove  
Position  
A-P: 29.00  
Lat.: 13.14  
Vert.: 1.04  
Dosec: 29.00  
Collim.: 16.0

Arc Plane  
Select  
Add Remove  
Position Table  
Start Step  
Split  
Table: 50  
Start: 30  
Step: 1.30  
Dosec: 4.00  
Collim.: 16.0

Dose Display  
 Isodoses  
 Dose Wash  
 Thresh. Dose

Desimetry  
SmartPlan...  
Normal, Point  
Parameters...

Object  
3D Database  
Fill Contours  
Copy Delete  
Done

Main Window  
 1 Image  
 4 Images  
 5 Images  
 16 Images  
 3D Display  
 Arc Plane  
 Beam's Eye  
 Tissues  
 Split Screen  
In Out  
CT scan #1  
View Reset

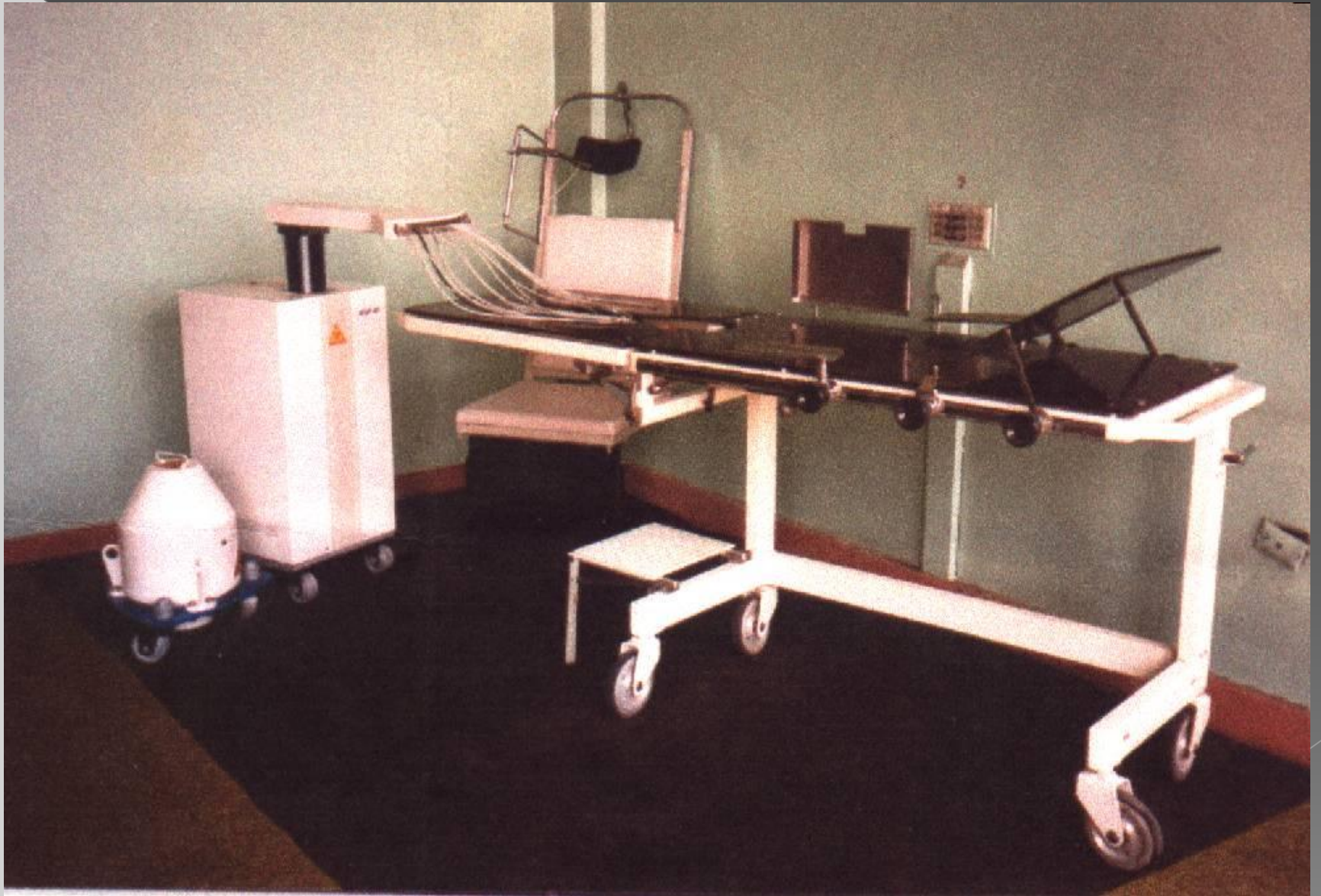
Options  
 Reconstruct  
 Multiplayer  
 Multiple Sets  
 Other Views  
Catalog  
Sketches  
 3D Overview  
In Out

PATIENT: Charite, Berlin, Brain Metastases 4, axi., ventr... 0.04 12.05.2004-10:24:35



# Стереотаксическая радиохирургия







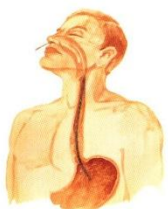
# Брахитерапевтический аппарат ГАММАМЕД - 12i



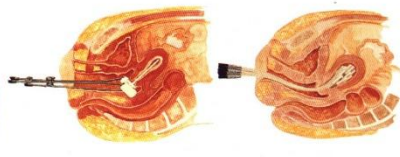
## БРАХИТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ ДОЗЫ



Легкие



Пищевод



Шейка матки



Эндометрия



Область головы и шеи



Язык



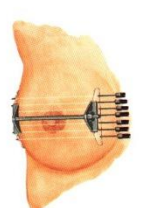
Предстательная железа



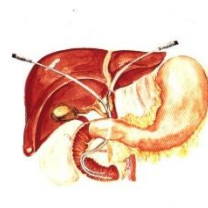
Мочевой пузырь



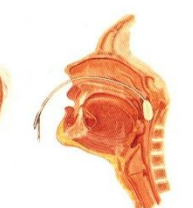
Головной мозг



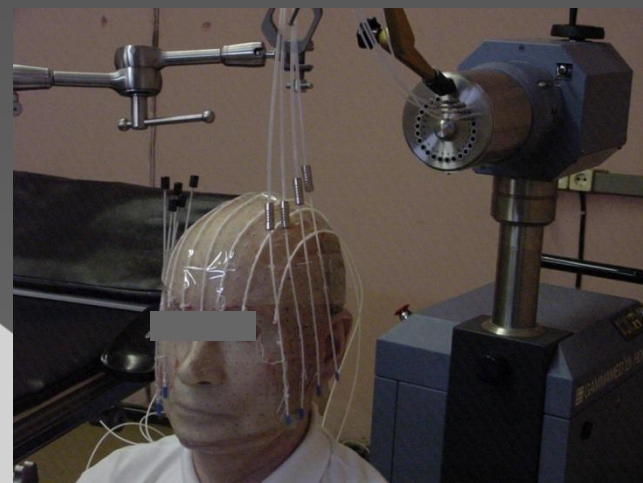
Молочные железы



Желчные протоки



Носоглотка



## Фиксирующие приспособления:

- Использование фиксирующих устройств влияет на результат больше чем размер опухоли и подведенная доза

98%



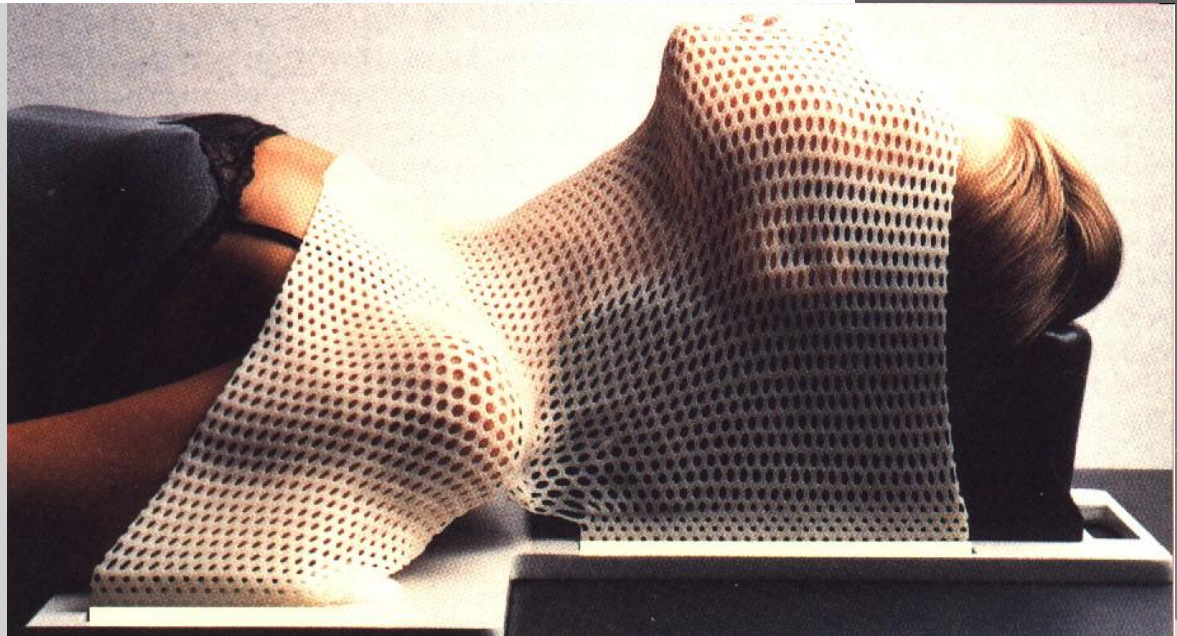
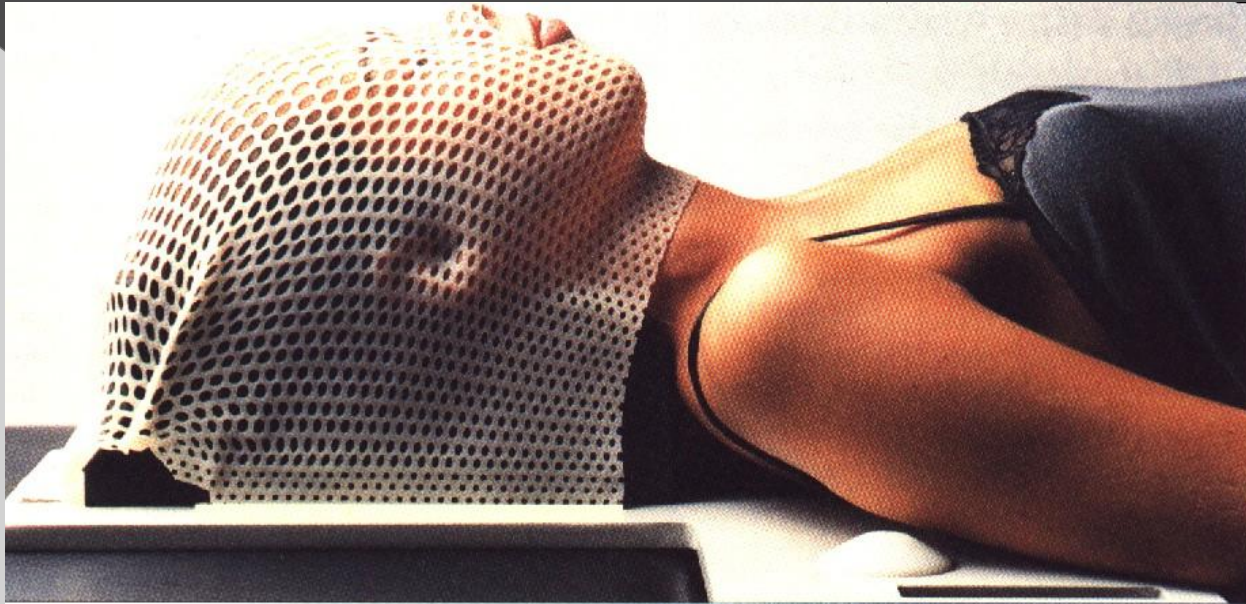
5-лет



77%

$P=0,002$

Goldsmith G., 1994



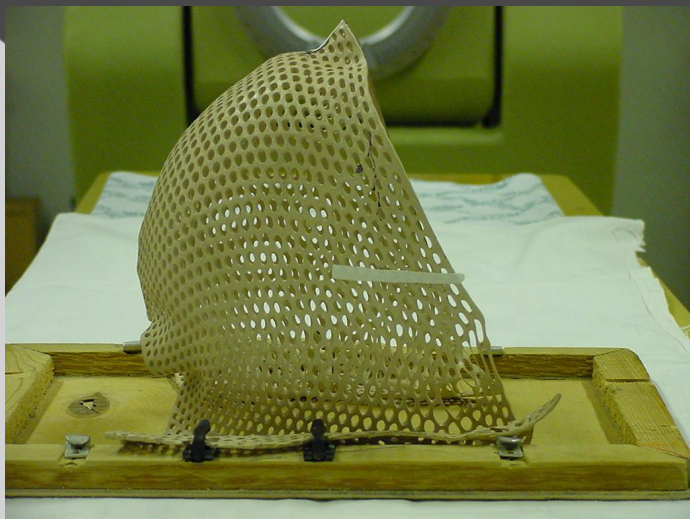








# Фиксирующие устройства АМФР





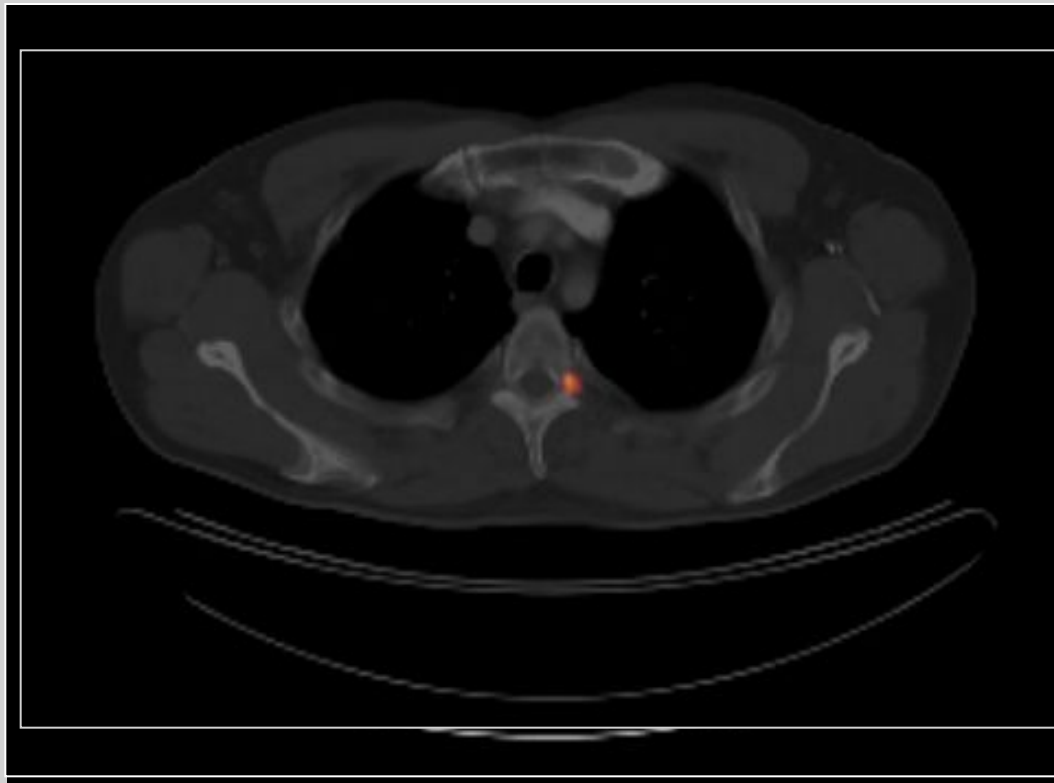


SIEMENS

SOMATOM  
**Sensation Open**

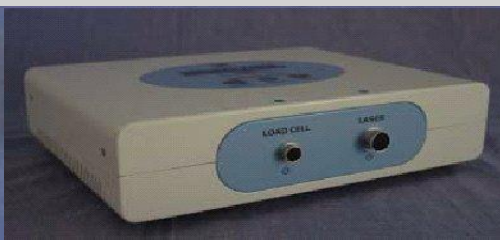
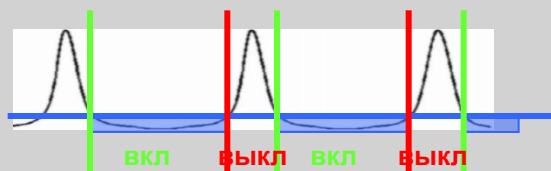
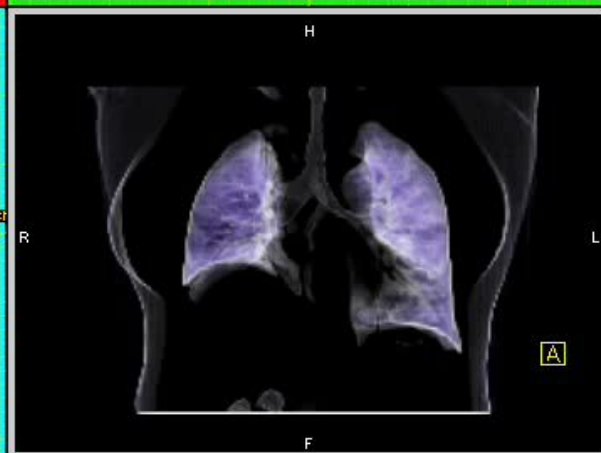
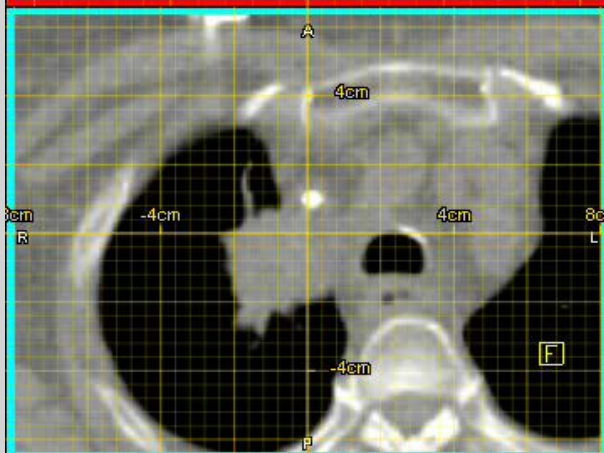
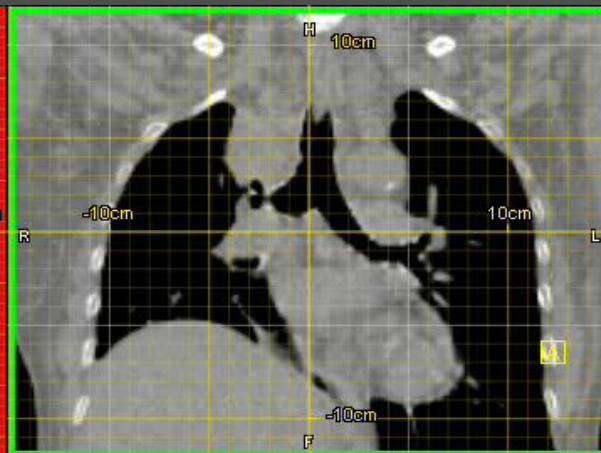
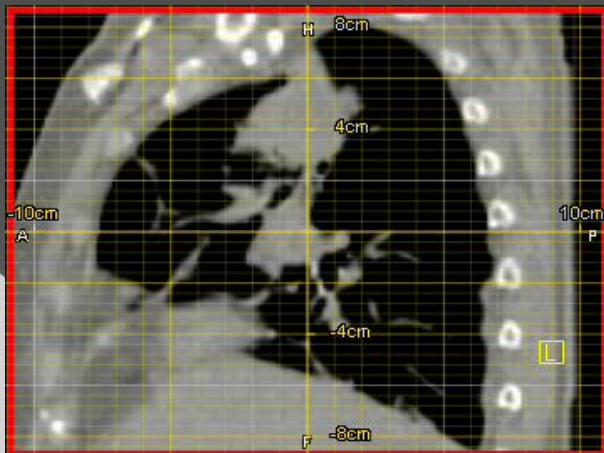


# Технология ПЭТ/КТ

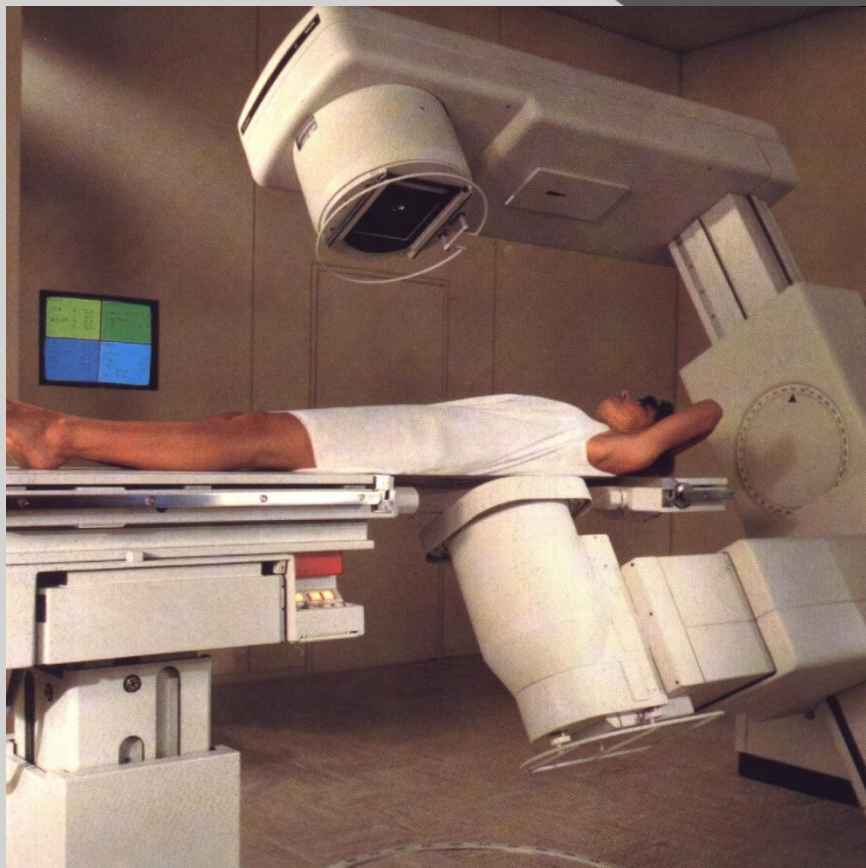




# Синхронизация КТ и ЛУ с дыханием



# Симулятор при ДЛТ и ВПЛТ

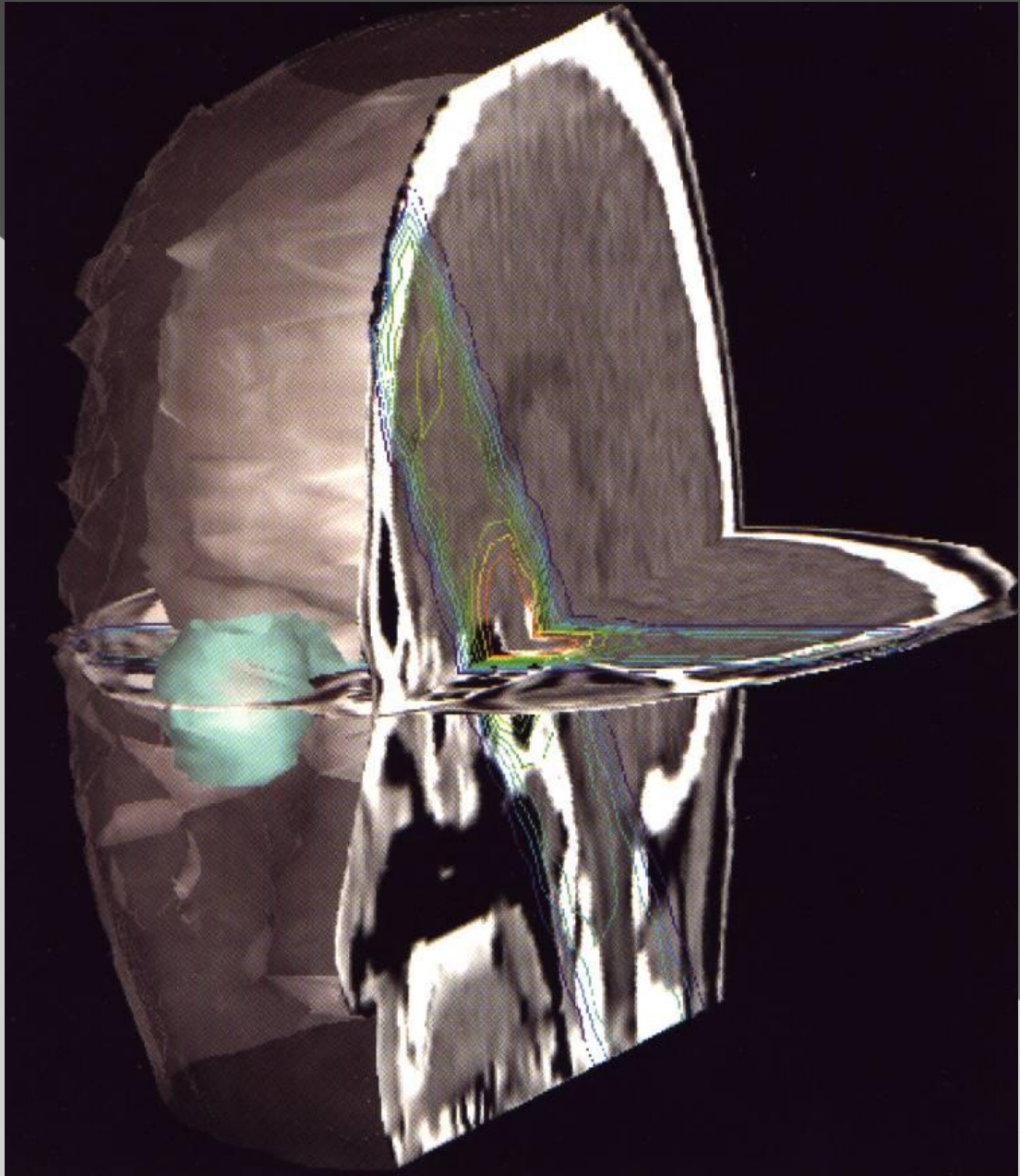


# IMRT: цифровая система портальной визуализации



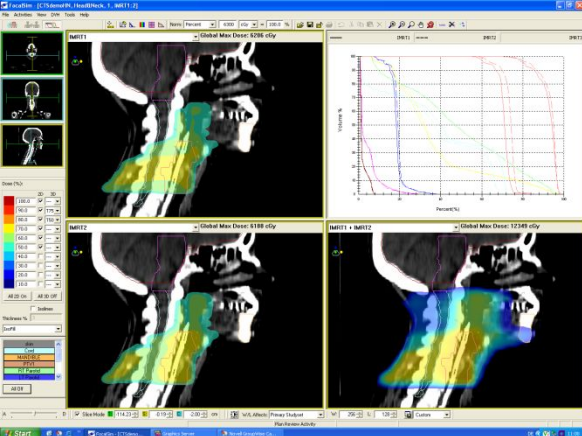
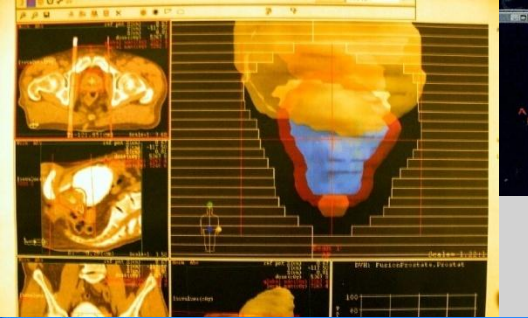
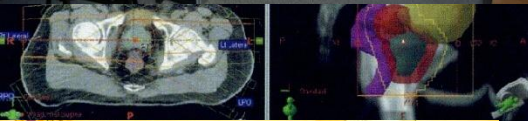
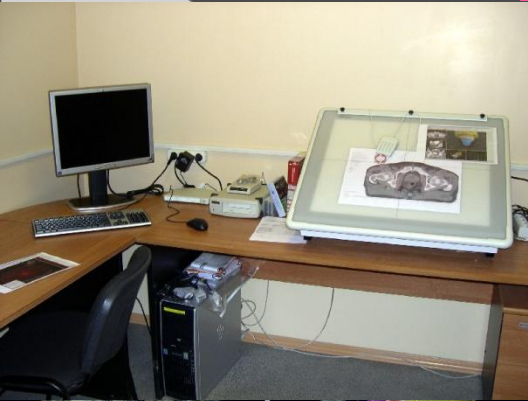








# 3D конформное облучение



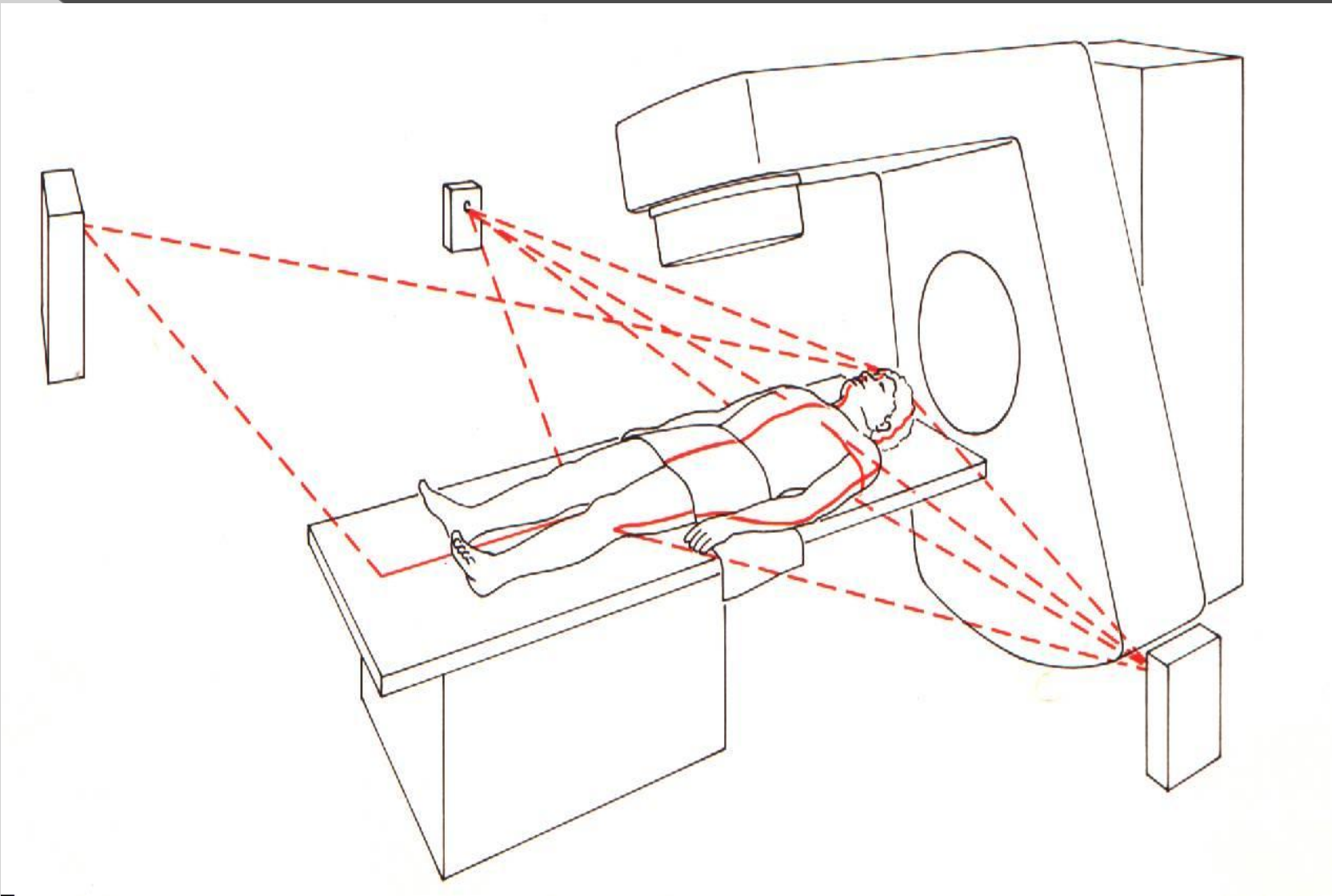
Входная информация –  
срезы с КТ

Применяемые алгоритмы –  
конволюционная свертка,  
суперпозиция, тонкий луч

Дозное распределение в  
любой проекции и  
трехмерное

Возможность сравнения  
планов

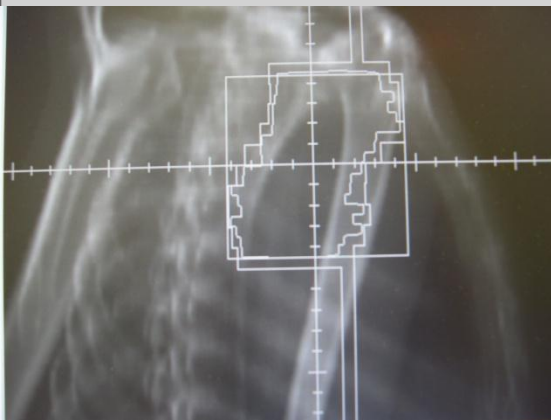
Оценка дозы на  
критические органы по ГДО



# Реализация плана облучения



Условия сеанса облучения  
передаются на ускоритель



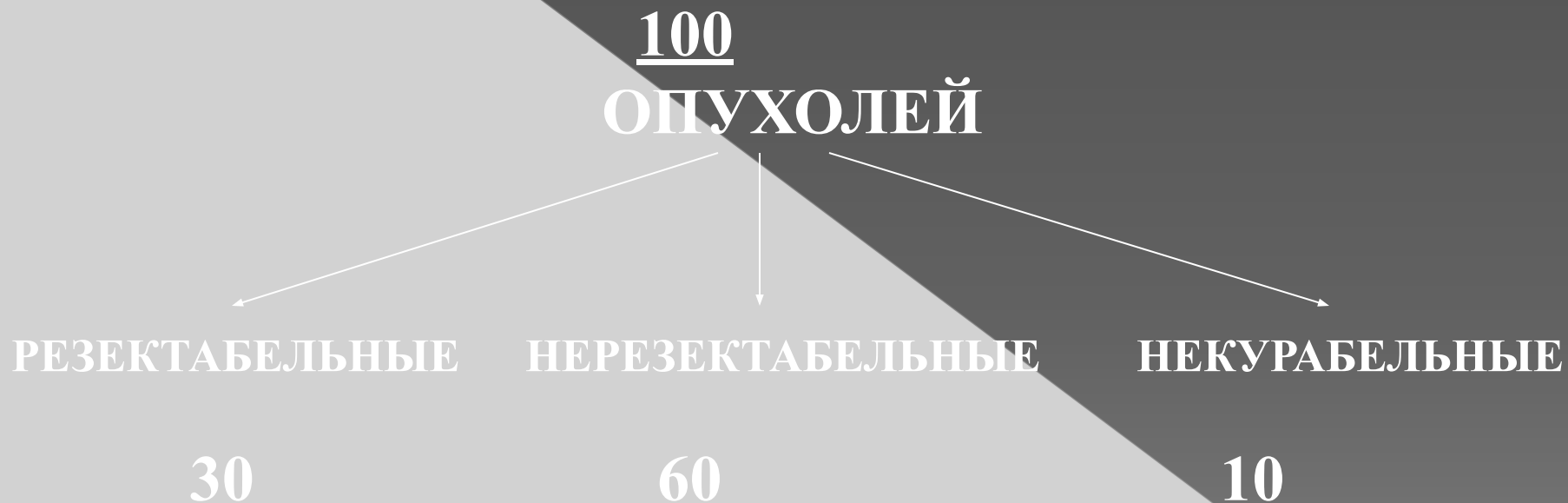
Портальная визуализация



# Критически переосмыслены следующие постулаты:

1. Уровень канцерцидной дозы
2. Методика дробления суммарной дозы
3. Разделение опухолей в клинике на радиочувствительные и радиорезистентные

# Структура опухолей и потребность в лучевой терапии у первичных онкологических больных, поступивших в специализированный стационар



# Потребность в лучевой терапии у первичных онкологических больных, поступивших в специализированный стационар (%)

## РЕЗЕКТАБЕЛЬНЫЕ ОПУХОЛИ

30

Радикальное  
как органосохранная  
альтернатива  
операции

10

Как компонент  
комбинированного  
метода в сочетании  
с операцией

20

# Резектабельные опухоли

```
graph TD; A[Резектабельные опухоли] --> B[Лучевая терапия не является альтернативой хирургическому лечению]; A --> C[Лучевая терапия может рассматриваться как альтернатива операции]; B --> D[легкое]; B --> E[желудок]; B --> F[прямая кишка]; B --> G[молочная железа]; C --> H[шейка матки]; C --> I[простата]; C --> J[гортань];
```

Лучевая терапия не является альтернативой хирургическому лечению

легкое  
желудок  
прямая кишка  
молочная железа

Лучевая терапия может рассматриваться как альтернатива операции

шейка матки  
простата  
гортань

# Потребность в лучевой терапии у первичных онкологических больных, поступивших в специализированный стационар (%)

## НЕРЕЗЕКТАБЕЛЬНЫЕ ОПУХОЛИ

60

самостоятельное

в комплексе

радик.

паллиат.

радик.

паллиат.

20

10

20

10



# Потребность в лучевой терапии у первичных онкологических больных, поступивших в специализированный стационар (%)

**НЕКУРАБЕЛЬНЫЕ ОПУХОЛИ**

**10**

**СИМПТОМАТИЧЕСКОЕ**

**самостоят.**

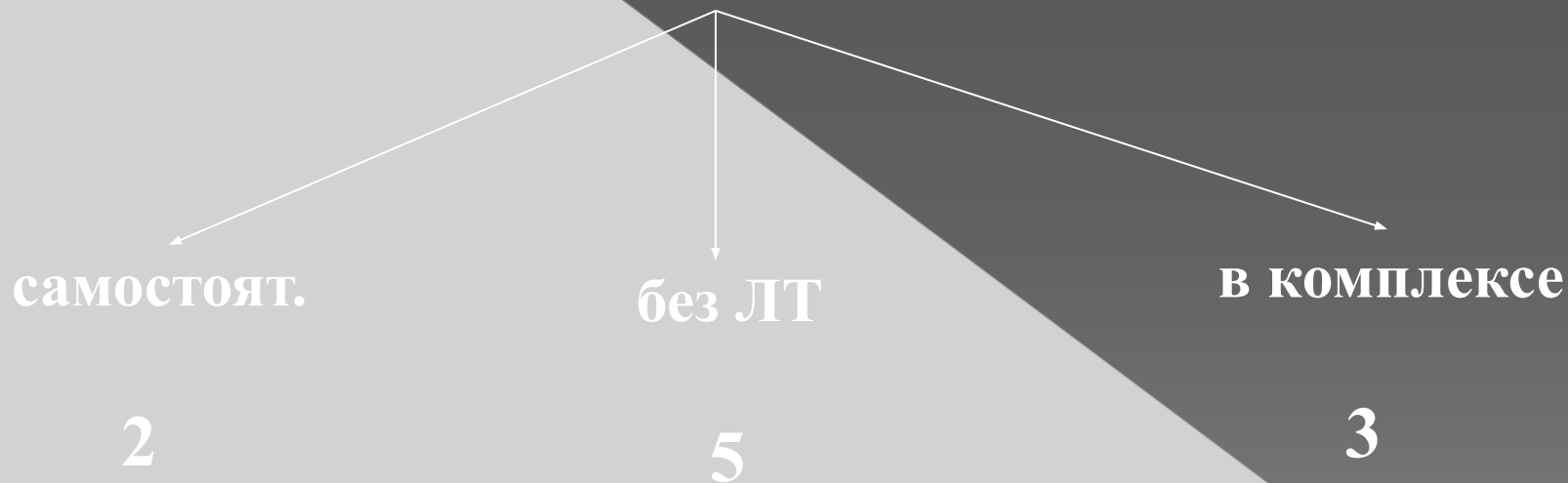
**2**

**без ЛТ**

**5**

**в комплексе**

**3**



# Идеология современной лучевой терапии:

- При малых раках Л/Т должна рассматриваться в качестве органосохраняющей функционально-щадящей альтернативы хирургическому лечению
- При резектабельных местно-распространенных опухолях увеличение объема органосохраняющего функционально-щадящего лечения может быть обеспечено за счет усиления пред-, интра-, либо послеоперационного лучевого воздействия как гаранта стойкости онкологических результатов
- При местно-распространенных нерезектабельных опухолях расширение показаний к использованию комплекса воздействий, включая модифицированную Л/Т
- При генерализованных формах расширение паллиативной и симптоматической Л/Т в комплексе с другими воздействиями для улучшения качества жизни пациентов

# ЛУЧЕВЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

ЛЕТАЛЬНЫЕ

СУБЛЕТАЛЬНЫЕ

ПОТЕНЦИАЛЬНО  
ЛЕТАЛЬНЫЕ

**ГИБЕЛЬ  
КЛЕТКИ**

РЕПАРАЦИЯ И  
ВОССТАНОВЛЕНИЕ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
И

РЕПОПУЛЯЦИЯ ЧЕРЕЗ  
2 - 2,5 НЕДЕЛИ

# Рак щитовидной железы

## Комбинированное лечение

Зависимость результатов от дозы предоперационного облучения

### Уровень СОД в Гр

< 30

30-40

> 40



**Процент рецидивов и регионарных метастазов**

# Зависимость степени лучевого повреждения рака легкого от дозы, подведенной за первую неделю предоперационного облучения

Доза за первую неделю	степень патоморфоза	
	I-II	III-IV
16 Гр	21,0±9,6*	79,0±9,6*
14 Гр	38,9±11,8	61,1±11,8
12 Гр	53,2±6,3*	46,8±6,3*
Всего	44,4	55,6

# Варианты повышения эффективности лучевой терапии

Нетрадиционное  
фракционирование

Гипер-  
фракционирование

Динамическое  
фракционирование

Дневное  
дробление дозы

Радиомодификаторы

Радио-  
сенсibilизаторы

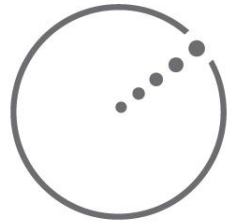
химио-  
препараты

гипертермия

Радио-  
протекторы

гипоксия





ELEKTA

Synergy Treatment  
System™

2010



# Elekta SYNERGY:



**Synergy(синергизм):**  
“Взаимное усиление действия  
отдельно взятых факторов

# Elekta Synergy™

Абсолютно новый уровень оборудования

Интегрирует в одном аппарате

с общим изоцентром

- Цифровой Линейный Ускоритель
- Мегавольтовое устройство порталных изображений
- Объёмная рентгеновская томография высокого разрешения



# Elekta Synergy™

Абсолютно новый уровень оборудования

Беспрецедентное качество  
в рутинной работе

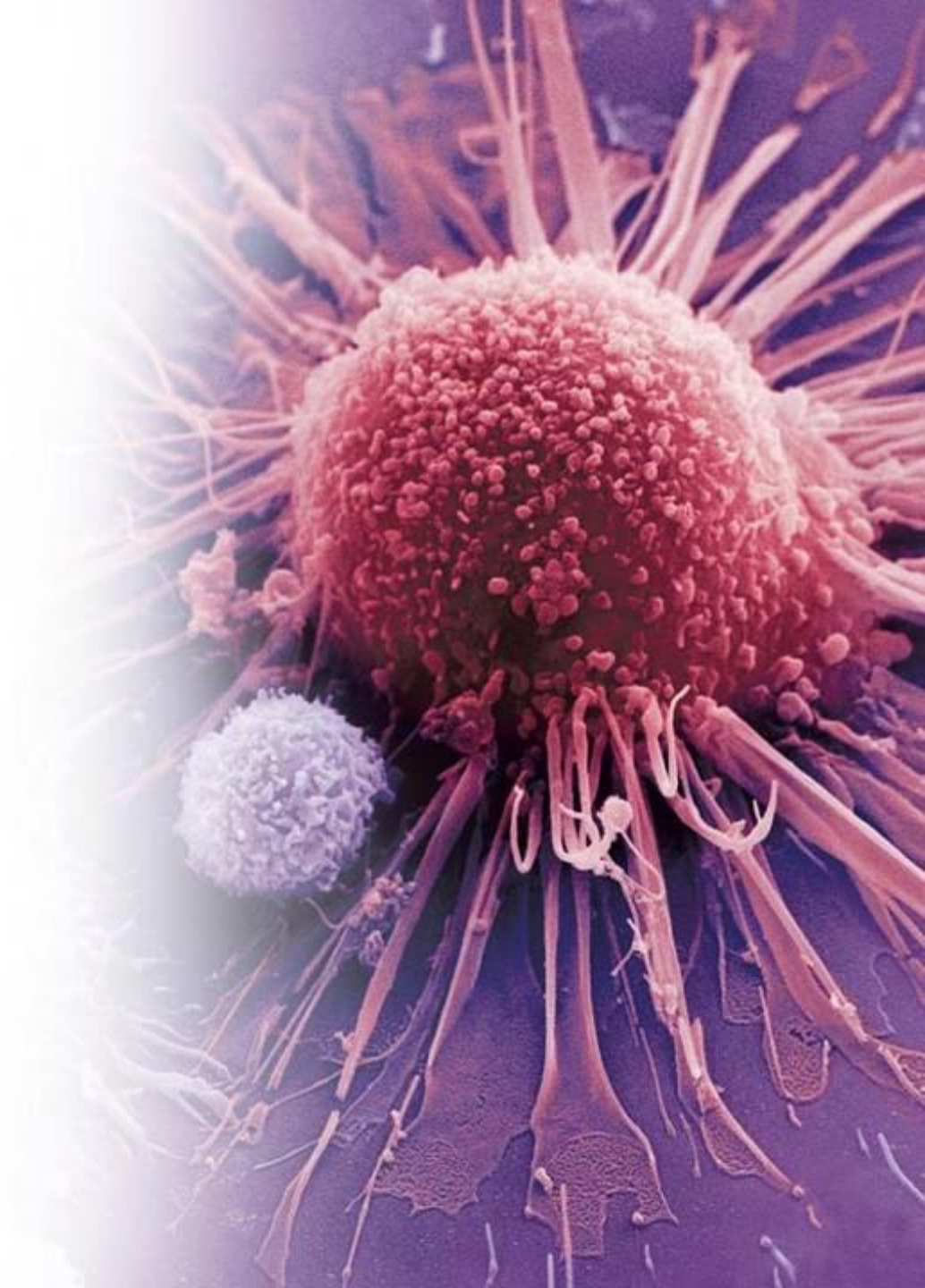
- 3Д конформная лучевая терапия
- Лучевая терапия с модуляцией интенсивности
- Визуальный контроль мишени во время облучения
- Прецизионная форма терапевтического пучка





*Fighting serious  
disease*

Стереотаксическая  
лучевая терапия





# Elekta AXESSE:



Стереотаксическая система для лучевой терапии с  
визуальным сопровождением

# Что дает Elekta Axesse?

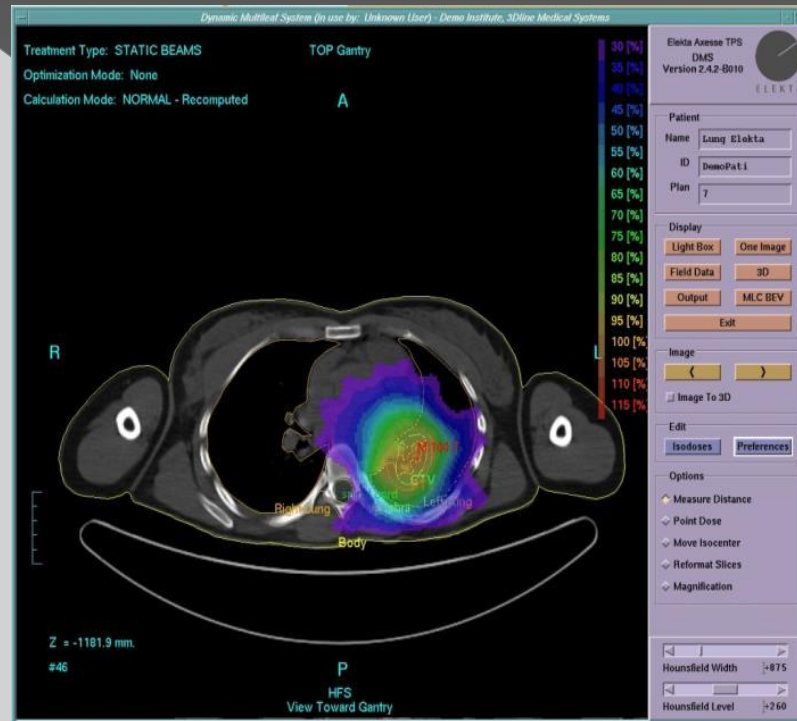
- Эскалация дозы в мишени
- Гипофракционирование
- Возможность облучения малых мишеней
- Более точное очерчивание мишени
- Прецизионное формирование пучка
- Сужение полутеней
- Минимальная утечка излучения
- Высокотехнологичные методики
  - > Стереотаксис с визуальным контролем
  - > VMAT (объемно-модулированное ротационное облучение)

# Что такое Elekta Axesse?

Система стереотаксической лучевой терапии:

Интегрированная система планирования

- > Конформная
- > IMRT/IMRS
- > Классическая стереотаксическая радиотерапия и радиохирurgia

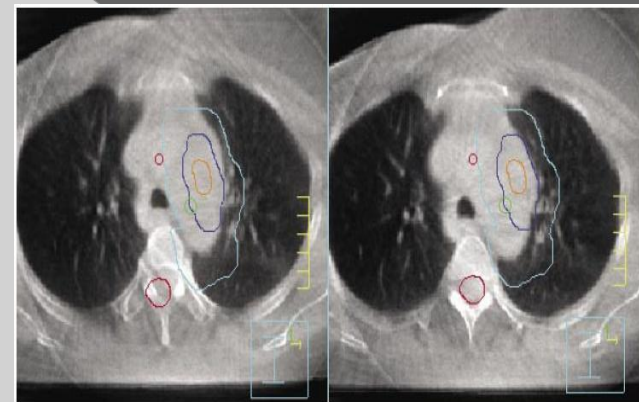




# Что такое Elekta Axesse?

Система стереотаксической лучевой терапии:

- Интегрированная система получения объемных изображений XVI
- Четкая визуализация анатомических структур с привязкой к координатной системе ускорителя обеспечивает возможность эскалации дозы и коррекции плана во время облучения



# Что такое Elekta Axesse?

Система стереотаксической лучевой терапии:

- Уникальная роботизированная система позиционирования пациента
  - автоматизированная коррекция положения по 6 координатам
  - Субмиллиметровая точность
  - Радиопрозрачная дека дает изображение высокого качества



# Что такое Elekta Axesse?

Система стереотаксической лучевой терапии:

- Гибкость в применении
  - > удобный доступ
    - широкий диапазон некопланарных углов
    - большая апертура - удобство и гибкость укладки





# Elekta Axesse:

- Единая система, а не механическое объединение технических решений; обеспечивает оптимизацию и единство технологического процесса, полный контроль за прохождением пациента
- Предлагает полный спектр технических возможностей, вплоть до самых передовых, позволяя врачу выбрать наиболее подходящую методику для каждого конкретного пациента
- Великолепное качество трехмерных изображений, обеспечивающее точную локализацию мишени и сохранение критических структур в мягких тканях.

...Полный контроль без компромиссов!